

**FUEL CELL AND METHOD OF OPERATING IT**

Patent Number: JP2001155746  
Publication date: 2001-06-08  
Inventor(s): HIBINO KOETSU; HONMA NOBUTAKA  
Applicant(s): TOYOTA MOTOR CORP  
Requested Patent: ☐ JP2001155746  
Application Number: JP19990332353 19991124  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01M8/02; H01M8/04; H01M8/24  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the activity of electrochemical reaction.

**SOLUTION:** A fuel battery 10 comprises an electrolyte layer 20, anode 21, cathode 22, separators 23, 24, and magnets 25, 26. Arranged between the separators, 24 and the cathode 22 is a fluid passage 24P for passing oxidizing gas in the unit cell. The externally supplied oxidizing gas passes the fluid passage 24P to contribute to the electrochemical reaction. The magnets 25, 26 produce a magnetic field gradient in at least a part of the fluid passage 24P to increase the kinetic energy of the oxygen molecules existing in the oxidizing gas.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-155746

(P2001-155746A)

(43) 公開日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーム (参考)
H 0 1 M	8/02	H 0 1 M	8/02
	8/04		8/04
	8/24		8/24

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-332353

(22) 出願日 平成11年11月24日 (1999. 11. 24)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 日比野 光悦

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 本間 信孝

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

Fターム (参考) 5H026 AA06 CC04 CC08

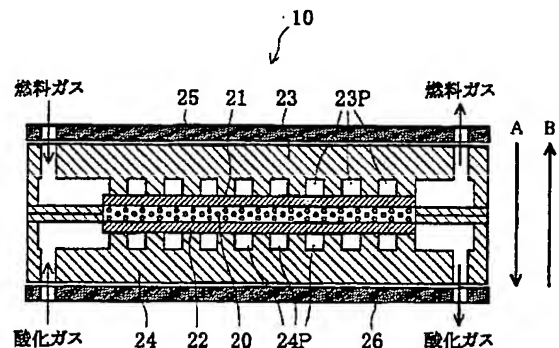
5H027 AA06 MM26

(54) 【発明の名称】 燃料電池および燃料電池の運転方法

(57) 【要約】

【課題】 電気化学反応の活性を向上させる。

【解決手段】 燃料電池10は、電解質膜20、アノード21、カソード22、セパレータ23、24と共に、磁石25、26を備えている。セパレータ24とカソード22との間には、単セル内酸化ガス流路24Pが形成され、外部から供給された酸化ガスは、この単セル内酸化ガス流路24Pを通過しつつ、電気化学反応に供される。上記磁石25、26によって単セル内酸化ガス流路24Pの少なくとも一部に形成される勾配磁場を通過することで、単セル内酸化ガス流路24Pを通過する酸化ガス中の酸素分子は、磁場力を受け、その運動エネルギーが増大する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受けて電気化学反応により起電力を得る単セルを複数積層して成る燃料電池であって、磁場を前記単セル内に形成する磁場形成手段を備え、該磁場形成手段は、前記単セル内の少なくとも一部に勾配磁場を形成することを特徴とする燃料電池。

【請求項2】 前記磁場形成手段は、前記単セルの積層方向に沿った磁場を形成することを特徴とする請求項1記載の燃料電池。

【請求項3】 前記磁場形成手段は、前記単セルの積層方向と垂直な方向に沿った磁場を形成することを特徴とする請求項1記載の燃料電池。

【請求項4】 前記磁場形成手段は、前記単セル内において、前記酸化ガスが通過する流路に、前記勾配磁場を形成する請求項1記載の燃料電池。

【請求項5】 前記磁場形成手段は、前記単セル周囲のいずれかの位置に配設された一つの磁石からなる請求項1記載の燃料電池。

【請求項6】 前記磁場形成手段は、永久磁石によって前記磁場を形成する請求項1ないし5いずれか記載の燃料電池。

【請求項7】 前記磁場形成手段は、電磁石によって前記磁場を形成する請求項1ないし5いずれか記載の燃料電池。

【請求項8】 前記磁場形成手段は、前記電磁石に対する通電状態を制御して、形成される前記磁場の状態を経時的に変化させることを特徴とする請求項7記載の燃料電池。

【請求項9】 水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受けて電気化学反応により起電力を得る単セルを複数積層して成る燃料電池であって、前記単セル内において前記酸化ガスが通過する流路に、所望の磁場を形成する磁石を備える燃料電池。

【請求項10】 水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受けて電気化学反応により起電力を得る単セルを複数積層して成る燃料電池の運転方法であって、

- (a) 前記単セル内に磁場を形成する工程と、
- (b) 前記(a)工程で前記磁場を形成することによって、前記単セル内の少なくとも一部に形成される勾配磁場を通過させつつ、前記酸化ガスを前記電気化学反応に供する工程とを備えることを特徴とする燃料電池の運転方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池および燃料電池の運転方法に関し、詳しくは、水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受け、電気化学反応により起電力を得る燃料電池および燃料電池の

運転方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】アノード側に水素を含有する燃料ガスを供給し、カソード側に酸素を含有する酸化ガスを供給し、電気化学反応により起電力を得る燃料電池においては、その性能を向上させるために種々の試みがなされている。例えば、各電極に供給するガスの総圧を上昇させて、電極活物質の分圧を上昇させることにより、発電性能を向上させることができる。あるいは、各電極に供給するガス中の電極活物質の濃度を上昇させることにより、発電性能を向上させることができる。

【0003】また、水素および酸素の内部エネルギーを増大させて電気化学反応を促進する方法として、燃料ガスおよび酸化ガスが通過する流路においてガスの通過方向に磁界を発生させて、燃料電池に供給するのに先立って水素および酸素を活性化する構成が提案されている（例えば、特開平2-51870号公報等）。このように、磁界によって水素および酸素を活性化させることで、すなわち、水素および酸素のイオン化ポテンシャルを増大させてイオン化状態へ移り易くすることで、電気化学反応の促進が図られている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ガスの総圧や分圧を上昇させる場合には、加圧のための装置が大型化したり、ガス流路を高圧に耐える構造とする必要があったり、ガスを加圧するために消費するエネルギーが増大するという問題を伴った。また、上記したように水素および酸素を磁界によって活性化する場合には、このような磁界による活性化の影響は磁界を離れると弱まってしまうので、水素および酸素が電気化学反応に供されるまでの間に、活性化された水素および酸素の状態は次第に元に戻ってしまい、電池性能を向上させる十分な効果を得ることは困難であった。

【0005】本発明の燃料電池および燃料電池の運転方法は、こうした問題を解決し、電気化学反応の活性を向上させることを目的としてなされ、次の構成を採った。

## 【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の第1の燃料電池は、水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受けて電気化学反応により起電力を得る単セルを複数積層して成る燃料電池であって、磁場を前記単セル内に形成する磁場形成手段を備え、該磁場形成手段は、前記単セルの少なくとも一部に勾配磁場を形成することを要旨とする。

【0007】以上のように構成された本発明の第1の燃料電池では、磁場形成手段が前記単セル内に磁場を形成することによって、前記単セルの少なくとも一部に勾配磁場が形成される。本発明の第1の燃料電池は、このような単セルを複数積層して成り、水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受けて電気化学

反応により起電力を得る。

【0008】本発明の燃料電池の運転方法は、水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受けて電気化学反応により起電力を得る単セルを複数積層して成る燃料電池の運転方法であって、(a)前記単セル内に磁場を形成する工程と、(b)前記(a)工程で前記磁場を形成することによって、前記単セル内の少なくとも一部に形成される勾配磁場を通過させつつ、前記酸化ガスを前記電気化学反応に供する工程とを備えることを要旨とする。

【0009】このような本発明の第1の燃料電池、および、本発明の燃料電池の運転方法によれば、燃料電池に供給される酸化ガスは、前記単セル内の少なくとも一部に形成される勾配磁場を通過して電気化学反応に供される。酸化ガスに含まれる電極活物質である酸素は常磁性の物質であるため、磁場においては、磁場勾配の大きさに応じた力(磁場力)が酸素分子に対して作用する。したがって、電気化学反応に供されるのに先立って勾配磁場を通過することによって、酸素分子は、運動エネルギーが増大、すなわち活性化し、酸化ガスが供給されるカソード側の電気化学反応が活発化する。さらに、酸素分子の運動エネルギーが増大することによって、電気化学反応を促進する触媒上で、酸素分子が酸素原子に分離する活性が向上し、電気化学反応がより活発化される。

【0010】アノード側に供給される燃料ガス中に含まれる水素は、酸素に比べて運動速度が速く、充分な運動エネルギーを有しており、触媒上でイオン化する活性も高い。また、燃料ガスとして用いられる水素ガスあるいは改質ガスが含有する水素濃度は、酸化ガスとして通常用いられる空気含有する酸素濃度に比べて、はるかに高い。すなわち、カソード側はアノード側に比べて、供給されるガス中の電極活物質の分圧が低い。したがって、上記のように、単セル内に磁場を形成して酸素分子を活性化することにより、燃料電池に供給する燃料ガスおよび酸化ガスの量を増大させることなく、燃料電池の性能を向上させることができる。

【0011】本発明の第1の燃料電池において、前記磁場形成手段は、前記単セルの積層方向に沿った磁場を形成することとしてもよい。このような構成は、磁場形成手段が備える磁石を、単セルを構成する部材と共に積層して燃料電池を組み立てることにより、容易に実現できる。

【0012】また、本発明の燃料電池において、前記磁場形成手段は、前記単セルの積層方向と垂直な方向に沿った磁場を形成することとしてもよい。

【0013】このような構成とすれば、燃料電池を構成する電解質層内の荷電粒子(固体高分子型燃料電池では、電解質膜内の水和プロトン)に対してローレンツ力が作用する。したがって、上記荷電粒子の移動抵抗が小さくなるため、燃料電池の過電圧が低下し、燃料電池の

性能を向上させることができる。

【0014】本発明の第1の燃料電池において、前記磁場形成手段は、前記単セル内において、前記酸化ガスが通過する流路に、前記勾配磁場を形成することとしてもよい。

【0015】また、本発明の第1の燃料電池において、前記磁場形成手段は、前記単セル周囲のいずれかの位置に配設された一つの磁石からなることとしても良い。

【0016】このような構成とすることによって、前記単セル内で容易に勾配磁場を形成することができる。なお、前記単セル周囲のいずれかの位置に一つの磁石を配設する場合には、単セルを構成する積層された各部材に平行であって、単セルが備える電解質層よりもアノード側に磁石を配設することとしてもよい。このような構成とすれば、単セル内の酸化ガス流路では、電解質層側に向かって磁場強度が強くなるため、単セル内の酸化ガス流路を通過する酸素には、電解質層に向かって磁場力が作用する。したがって、酸素ガス中の酸素分子は、電解質層に向かって運動エネルギーが増大し、カソード側の電気化学反応がより活発化する。

【0017】このような本発明の第1の燃料電池において、前記磁場形成手段は、永久磁石によって前記磁場を形成することとしてもよい。

【0018】また、本発明の第1の燃料電池において、前記磁場形成手段は、電磁石によって前記磁場を形成することとしてもよい。

【0019】このような本発明の第1の燃料電池において、前記磁場形成手段は、前記電磁石に対する通電状態を制御して、形成される前記磁場の状態を経時的に変化させることとしてもよい。

【0020】このような構成とすれば、前記単セルの内部にも勾配磁場が形成されるため、燃料電池に供給された酸化ガス中の酸素には、酸化ガスが前記単セル内を通過する間にも磁場力が作用する。したがって、酸化ガスが単セル内の流路を通過する間にも酸素は活性化され、燃料電池の性能が向上する。

【0021】ここで、形成される前記磁場の状態を経時的に変化させるとは、例えば、磁場をパルス的に形成する(電磁石が備えるコイルに対する通電を所定の短い時間毎に入り切りする)こととしてもよいし、あるいは、電磁石が備えるコイルに流す電流の向きを所定の短い時間毎に変更する(単セル内に形成される磁場の向きを、所定の短い時間毎に、逆向きに切り替える)こととしてもよい。

【0022】本発明の第2の燃料電池は、水素を含有する燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとの供給を受けて電気化学反応により起電力を得る単セルを複数積層して成る燃料電池であって、前記単セル内において前記酸化ガスが通過する流路に、所望の磁場を形成する磁石を備えることを要旨とする。

【0023】このような本発明の第2の燃料電池によれば、前記単セル内において前記酸化ガスが通過する流路に、所望の磁場が形成される。したがって、燃料電池に供給された酸化ガス中の酸素分子は、電気化学反応に供されるのに先立って磁場力を受け、運動エネルギーが増大、すなわち活性化し、酸化ガスが供給されるカソード側の電気化学反応が活発化する。さらに、酸素分子の運動エネルギーが増大することによって、電気化学反応を促進する触媒上で、酸素分子が酸素原子に分離する活性が向上し、電気化学反応がより活発化する。このように、カソード側において電気化学反応の活性が上昇することによって、既述したように燃料電池の性能が向上する。

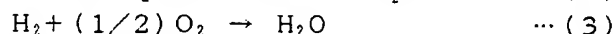
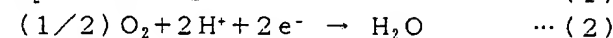
【0024】

【発明の実施の形態】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。

(1) 第1実施例の燃料電池10の構成：図1は、本発明の第1実施例の燃料電池10の構成を表わす断面模式図である。本発明は、燃料電池に供給する酸素に磁場力を作用させることによって酸素を活性化することに特徴があるが、まず最初に燃料電池10の構成について説明する。なお、本実施例の燃料電池10は、実際には単セル15を複数積層したスタック構造よりなるが、説明の簡単のため、以下の説明は、単一の単セルからなる燃料電池を表わす図1に基づいて行なう。

【0025】燃料電池10は、固体高分子型燃料電池であり、電解質膜20、アノード21、カソード22、セパレータ23、24を備えている。すなわち、電解質膜20を、アノード21およびカソード22で挟持し、このサンドイッチ構造をさらに両側からセパレータ23、24で挟持してなる単セルによって構成されている。

【0026】電解質膜20は、固体高分子材料、例えばフッ素系樹脂により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜であり、湿潤状態で良好な電気伝導性を示す。本実施例では、ナフィオン膜（デュボン社製）を使用した。電解質膜20の表面には、触媒としての白金または白金と他の金属からなる合金が担持されている。アノード21およびカソード22は、ガス拡散電極である。こ



【0030】(1)式はアノード側における反応を、

(2)式はカソード側における反応を示し、電池全体としては(3)式に示す反応が進行する。

【0031】さらに、本実施例の燃料電池では、上記単セルを挟持するように、磁石25、26が配設されている。磁石25、26としては、永久磁石を用いても良いし、電磁石を用いても良い。単セルを構成する板状の各部材に平行に磁石25、26を配設することにより、単セル内部では、配設する磁石の磁極の向きによって、図

れらは、炭素繊維からなる糸で織成したカーボクロスや、カーボンペーパー、あるいはカーボンフェルトなど、十分なガス拡散性および導電性を有する部材によって構成される。セパレータ23、24は、十分な導電性と強度と耐食性とを有する材料によって形成される。本実施例では、カーボン材料をプレス成形することによってセパレータ23、24を形成したが、十分な耐食性を実現可能であれば、金属など他の材料によってセパレータ23、24を形成することとしてもよい。

【0027】セパレータ23、24の表面には、所定形状の凹凸構造が形成されている。セパレータ23、24が、電解質膜20、アノード21、カソード22と共に積層されて単セルを形成するときには、セパレータ23、24上に設けられた上記凹凸構造は、隣接するガス拡散電極との間で単セル内ガス流路を形成する。すなわち、セパレータ23が備える凹凸構造は、隣接するアノード21の表面との間に単セル内燃料ガス流路23Pを形成し、セパレータ24が備える凹凸構造は、隣接するカソード22の表面との間に単セル内酸化ガス流路24Pを形成する。

【0028】外部から燃料電池10内に供給された酸化ガス（図1中の矢印参照）は、セパレータ23の表面に形成された凹凸構造とカソード22との間に形成される上記単セル内酸化ガス流路24Pに導かれ、カソード22を介して電解質膜20側に拡散し、電解質膜20の表面に担持された既述した触媒上で進行する電気化学反応に供される。本実施例では、酸化ガスとして、加圧した空気をを用いた。また、外部から燃料電池10内に供給された燃料ガス（図1中の矢印参照）も同様に、セパレータ24の表面に形成された凹凸構造とアノード21との間に形成される上記単セル内燃料ガス流路23Pに導かれ、アノード21を介して電解質膜20側に拡散し、電解質膜20の表面に担持された既述した触媒上で進行する電気化学反応に供される。燃料ガスとしては、純度の高い水素ガスの他、炭化水素や炭化水素系化合物を改質して得られる周知の改質ガスなどを用いることができる。以下に、単セル内で進行する電気化学反応を示す。

【0029】

1中の矢印A、Bいずれかの向きの磁場が形成される。また、これによって、磁石25、26で挟持した単セルの周辺には、勾配磁場が形成される。したがって、単セルに供給される酸化ガスおよび燃料ガスは、磁石25、26によって形成される勾配磁場を通過しつつ単セル内ガス流路に流入する。

【0032】ここで、磁石25、26として電磁石を用いる場合には、磁界を発生させるために消費する電力、すなわち、電磁石が備えるコイルに供給する直流電流

は、燃料電池10から供給することとしてもよく、他の蓄電手段から供給することとしてもよく、また、燃料電池10と他の蓄電手段との両方を用いることとしてもよい。燃料電池10には燃料ガス供給装置および酸化ガス供給装置が接続されるため、本実施例の燃料電池10には、これらの装置に対して必要な電力を供給する2次電池が併設されている。この2次電池を上記他の蓄電手段として用いれば、電磁石を用いて単セル内に磁場を形成するために特別な蓄電手段を設ける必要がない。

【0033】(2) 磁場において作用する磁場力：カソード側に供給される酸化ガス中の電極活物質である酸素は、常磁性の物質であり、磁場において酸素には磁場力が作用する。以下に、酸素に作用する磁場力について説明する。物質に作用する磁場力は、以下の(4)式で表わすことができる。

【0034】

$$F = \chi H (dH/dx) \quad \dots (4)$$

F：磁場力

$\chi$ ：体積磁化率

H：磁場強度

【0035】ここで、「 $dH/dx$ 」は、磁場強度の変化の度合い、すなわち、磁場勾配を表わす。酸素などの常磁性物質は、磁化率の絶対値が大きく符号が正である。勾配磁場下においては、磁場勾配が最大になる方向に沿って上記磁場力が作用するため、酸素分子は、磁場強度が増す方向に働く力を受ける。このような磁場力が作用することによって、酸素分子の運動エネルギーが増加し、これによって、酸素を約21%含有する空気（酸化ガス）の流速も速くなる。上記燃料電池10では、磁石25、26によって単セル内に磁場が形成されているため、外部から単セル内酸化ガス流路に供給される酸化ガスの流路には勾配磁場が形成される。供給された酸化ガス中の酸素分子には、勾配磁場が形成される上記流路を通過する際に磁場力が作用し、運動エネルギーが付与される。このとき、外部から供給された酸化ガスが通過する流路では、磁石25、26によって図1に示した矢印AあるいはBの向きの磁場が形成された単セル内酸化ガス流路に近づくほど、磁場強度は強くなるため、酸化ガスは、酸化ガス中の酸素に磁場力が作用することによってその流速が加速されて、単セル内酸化ガス流路に流入する。

【0036】(3) 積層体の構成：図1では、単一の単セルからなる燃料電池を示したが、既述したように、実際には燃料電池10は、単セル15を複数個積層して形成される。このように単セルを積層した構造において、各単セル内に磁場を形成する磁石を配設するには、図1に示した構成を単純に積層する、すなわち、隣り合う単セル間に磁石を配設しながら単セルを積層することとしても良いが、単セル15を所定の数だけ積層してなる積層体18の両端部に、上記磁石25、26を配設するこ

ととしても良い。以下に、単セル15を積層する構成について説明する。

【0037】図2は、燃料電池10を構成する単セル15の分解斜視図である。図1では、単セル内燃料ガス流路23Pを形成するセパレータ23と、単セル内酸化ガス流路24Pを形成するセパレータ24とは異なる部材として表わしたが、単セル15を積層してなる積層体18においては、用いるセパレータにこのような区別はなく、一方の面には単セル内燃料ガス流路23Pを形成するための凹凸構造を備え、他方の面には単セル内酸化ガス流路24Pを形成するための凹凸構造を備えるセパレータ27を用いる。積層体18を構成するには、セパレータ27、アノード21、電解質膜20、カソード22、セパレータ27の順で各部材を順次積層する。

【0038】ここで、セパレータ27には、4つの孔部30～33が設けられている。また、セパレータ27の一方の面（図2に示したセパレータ27の向こう側の面）には、上記孔部30と孔部31とを連通させる流路形成部34が設けられており、セパレータ27の他方の面（図2に示したセパレータ27の手前側の面）には、孔部32と孔部33とを連通させる流路形成部35が形成されている。これら流路形成部34および35は、上記対向する2つの孔部を連通させる凹面上に、断面四角形の複数の凸構造を縦横に配設して成る。流路形成部34は、隣接するアノード21との間で既述した単セル内燃料ガス流路23Pを形成し、流路形成部35は、隣接するカソード22との間で既述した単セル内酸化ガス流路24Pを形成する。なお、単セル内ガス流路を形成するために各流路形成部に設ける凹凸形状は、図2に示した形状に限られるものではなく、隣接するガス拡散電極との間で単セル内ガス流路を形成可能であれば、いかなる形状としても良い。

【0039】上記各部材を所定の順序で積層して成る積層体18では、積層された各セパレータ27が備える既述した孔部30～33は、他のセパレータ27が備える対応する孔部と重なり合って、積層体18をその積層方向に貫通するガス流路を形成する。孔部30～33は、それぞれ、燃料ガス供給マニホールド、燃料ガス排出マニホールド、酸化ガス供給マニホールド、酸化ガス排出マニホールドを形成する。

【0040】燃料電池の外部から供給された燃料ガスは、孔部30によって形成される燃料ガス供給マニホールドを通過しつつ各単セルの単セル内燃料ガス流路に分配される。単セル内燃料ガス流路を通過しつつ電気化学反応に供された残りの燃料ガスは、孔部31によって形成される燃料ガス排出マニホールドに集合して外部に導かれる。燃料電池の外部から供給された酸化ガスは、孔部32によって形成される酸化ガス供給マニホールドを通過しつつ各単セルの単セル内酸化ガス流路に分配される。単セル内酸化ガス流路を通過しつつ電気化学反応に



供された残りの酸化ガスは、孔部33によって形成される酸化ガス排出マニホールドに集合して外部に導かれる。

【0041】上記各部材を積層して成る積層体18において、各単セル15内に磁場を形成する磁石25、26を配設した様子を図3に表わす。図3に示すように、所定数の単セルを積層して成る積層体18の両端に磁石25、26を配設することにより、積層体18を構成する各単セル内において、図1に示したのと同じ向きの磁界、すなわち、単セルの積層方向に平行な向きの磁界を付与することができる。なお、図3は、磁石を配設する位置を示す模式図であり、積層体18における流体の給排に関わる構造などの図示は省略した。

【0042】図3に示したように両端部に磁石25、26を配設した積層体18に対して所定の流体の給排装置を接続することによって、燃料電池を構成することとしてもよいが、両端部に磁石を配設した積層体18をさらに所定数積層することによって、両端に磁石を配設した複数の積層体18を直列に接続して、より大きなスタック構造として、これに対して所定の流体の給排装置を接続して燃料電池を構成することとしてもよい。

【0043】このような燃料電池では、燃料電池を構成する各単セル内に、図1に矢印A、Bで示した向きの磁場が形成され、燃料電池に供給される酸化ガスは、各単セル内酸化ガス流路に流入するまでに通過する流路において、勾配磁場を通過する。これによって、既述したように、酸化ガスに含まれる酸素分子の運動エネルギーが増大し、酸化ガスの流速が加速される。また、各単セル内酸化ガス流路に酸化ガスを導く流路の配設された方向によっては、この流路中を流れる酸化ガス中の酸素が受ける磁場力の方向が、必ずしも酸化ガスの流れの方向に一致しないこともあるが、いずれかの方向に作用する磁場力を受けた酸素分子は、流路壁面に弾性衝突しながら流路を流れていくため、各酸素分子の運動エネルギーは増大し、これによって酸素分子は活性化される。

【0044】以上のように構成された本実施例の燃料電池によれば、カソード側に供給される酸化ガス中の酸素が、勾配磁場を通過することによって運動エネルギーが付与されて活性化されるため、各単セル内で進行する電気化学反応をより活発化して、電池性能を向上させることができる。燃料電池に供給する酸化ガスとしては、通常は空気が用いられるが、空気中の酸素濃度は体積比で約21%である。これに対して、燃料ガス中の水素濃度は、燃料ガスとして改質ガスを用いる場合であっても、約70%程度である。既述した(1)～(3)式に示した電気化学反応を効率よく進行させるためには、それぞれの電極側に供給される電極活物質の量がつり合っていることが望ましいため、通常は、燃料ガスに供給する酸化ガスの流量を、燃料ガスの流量に比べて多くしている。しかしながら、電解質膜20のそれぞれの側に供給

されるガスの圧力差が大きくなることは望ましくないため、供給する酸化ガスの流量には限度があり、カソード側はアノード側に比べて電気化学反応を進行させる性能に劣っていた。本実施例の燃料電池によれば、勾配磁場を通過させることで酸素分子を活性化するため、燃料電池に供給するガス量を変化させることなく、カソード側における反応の活性を高め、燃料電池の起電力を向上させることができる。

【0045】勾配磁場を通過させることで酸素分子に磁場力を作用させ、酸素分子の運動エネルギーを増大させて活性化させるということは、分子の運動速度が上昇するということであるため、これによって電気化学反応が促進されるという効果が得られる。すなわち、酸素分子の運動速度が増すことによって、酸素濃度は変化しなくても酸素分子がより触媒上に到達し易くなり、反応が活発化する。

【0046】さらに、酸素分子の運動エネルギーが増して活性化される効果として、触媒上で酸素分子が酸素原子に分離しやすくなるという効果が得られる。化学反応とはいわゆる原子の組み替えであり、(2)式に示した反応がカソード側で進行する際には、カソード側の触媒上に吸着した酸素分子が、酸素原子に分離する必要がある。図4に、触媒表面で酸素分子が分離する様子を示した。アノード側において(1)式に示した反応が進行する際にも、水素分子がイオン化してプロトンとなる必要があるが、水素がイオン化する活性は、酸素分子が原子に分離する活性に比べて非常に高い。勾配磁場を通過させることで磁場力を作用させて酸素分子の運動エネルギーを増して活性化することによって、触媒上で酸素分子を酸素原子に分離する活性が増し、これによって電池全体で進行する電気化学反応が活発化され、電池性能をより向上させることができる。

【0047】なお、図1および図3に示した燃料電池では、燃料電池を構成するセパレータと略同一形状の磁石をセパレータと共に積層することとしたが、用いる磁石は、セパレータと略同一形状とする必要はない。単セル内酸化ガス流路に供給される酸化ガスが、勾配磁場を通過して活性化されることが可能となるように、単セル内に磁場を形成することができればよく、セパレータ面の全体を覆って配設する必要はない。

【0048】また、単セル内に磁場を形成する磁石は、単セルあるいは積層体に接して配設する必要はない。単セル内酸化ガス流路に供給される酸化ガスが、勾配磁場を通過して活性化されることが可能となるような磁界が形成されればよく、積層体から所定の距離をおいて配設することとしても良い。例えば、積層体をケースに収納して燃料電池を構成する場合には、磁石をこのケースと一体化することとしてもよい。あるいは、積層体内に磁石を埋め込んで配設することとしても良い。磁石により形成される磁界の強度や、一組の磁石に挟持される積層

体が備えるセル数や、磁石が配設された相対的な位置などにより、供給される酸化ガスが通過するガス流路における磁場強度および磁場勾配の状態が定まり、供給される酸化ガス中の酸素分子には、上記磁場強度および磁場勾配に応じた磁場力が作用して、活性化される。

【0049】(4) セパレータと平行に磁石を配設する他の構成：上記第1実施例の燃料電池では、単セル15あるいは積層体18の両端部に磁石25、26を配設したが、一方の端部にのみ磁石を配設することとしても良い。すなわち、図3に示した積層体18において、磁石25、26のうちのいずれか一方のみを配設して燃料電池を構成することとしてもよい。このように一方の端部にのみ磁石を配設すると、外部から単セル内に流入する流路だけでなく、単セル内酸化ガス流路内においても磁場勾配が生じる。これによって酸化ガス中の酸素分子は、単セル内酸化ガス流路を通過しながらさらに磁場力を受けることができ、磁場力によって運動エネルギーを増加させる効果を高めることができる。

【0050】なお、積層体18端部の一方の側だけに磁石を配設する場合には、図1に示した燃料電池で磁石25が配設された側、すなわち、電解質膜20に対してアノード21が配設される側に、磁石を配設する構成が望ましい。このような構成とすれば、各単セル内酸化ガス流路内では、より磁石に近い電解質膜20側ほど磁場強度が強くなり、常磁性の酸素分子は、より磁場強度が強い電解質膜20の表面に向かって磁場力を受ける。したがって、電気化学反応が進行する電解質膜20上の触媒表面の近傍では、酸素濃度が相対的に高まり、電気化学反応はさらに活発化される。さらに、このような構成とすれば、空気の75%以上をしめる窒素分子は反磁性であるため、酸化ガス中の窒素分子は、より磁場強度の弱い側（電解質膜20から離れる方向）へ向かう磁場力を受ける。したがって、上記触媒表面の近傍では、窒素濃度が相対的に低くなり、電気化学反応を活発化する効果をさらに高めることができる。

【0051】また、図1および図3に示したように単セル15あるいは積層体18の両端に磁石25、26を配設する場合に、この磁石25、26を電磁石によって形成し、電磁石が備えるコイルに対する通電状態を制御することで、磁界の付与状態を経時的に変化させることとしても良い。例えば、磁界をパルス的に付与する（電磁石が備えるコイルに対する通電を所定の短い時間毎に入り切りする）こととしてもよいし、あるいは、電磁石が備えるコイルに流す電流の向きを所定の短い時間毎に変更する（単セル内に付与される磁界の向きを、所定の短い時間毎に、図1に示した矢印Aの向きと矢印Bの向きとで切り替える）こととしてもよい。このような構成とすれば、単セル内酸化ガス流路では常に磁場勾配が変化するため、外部から単セル内に酸化ガスが流入する流路内だけでなく単セル内酸化ガス流路内においても、酸化

ガス中の酸素分子は、磁場力を受けて、この磁場力によって運動エネルギーが増加する効果を高めることができる。なお、電磁石によって、磁界の付与状態を経時的に変化させる場合には、積層体18の一方の側のみ電磁石を配設しても良く、この場合にも、単セル内酸化ガス流路において、酸化ガス中の酸素分子に磁場力が作用することによる効果を得ることができる。なお、磁界をパルス的に付与する場合には、カソード側に供給される酸素（原子）と共にアノード側に供給される水素（原子）も、その内部ポテンシャルが上昇し、電気化学反応がより活性化される。

【0052】また、図1および図3に示したように単セル15あるいは積層体18の両端に磁石25、26を配設する場合に、磁石25、26の磁極の向きを同じにするのではなく、磁極の向きを対向する向き（N極同士あるいはS極同士が対向する向き）にすることとしても良い。このような構成としても、単セル内酸化ガス流路内で勾配磁場が形成され、単セル内酸化ガス流路を通過する酸素分子に磁場力が働くことによる既述した効果を得ることができる。

【0053】(5) 第2実施例の燃料電池110の構成：図1および図3に示した第1実施例の燃料電池10では、セパレータと平行に磁石を配設し、単セル内に、単セルの積層方向に平行な方向に沿った磁場を形成することとしたが、セパレータと垂直な方向に磁石を配設し、単セルの積層方向と垂直な方向に沿った磁場を形成することとしても良い。このような構成を第2実施例の燃料電池110として以下に説明する。

【0054】図5は、第2実施例の燃料電池110の構成を表わす断面模式図である。第2実施例の燃料電池110も、実際には単セルを積層したスタック構造を有しているが、単セルを構成する各部材と、磁石および磁石によって付与される磁界との関係を表わすために、図5では、図1と同様に、単一の単セルの構造について示している。なお、第2実施例の燃料電池110は、第1実施例の燃料電池10とはほぼ同様の構成を備えており、共通する部材については同じ部材番号を付し、詳しい説明は省略する。

【0055】第2実施例の燃料電池110は、燃料電池10と同様に、単セル内に磁場を形成する磁石を備えているが、燃料電池110が備える磁石125、126は、単セルを構成する既述した各部材に垂直に配設されている。これによって、単セル内部では、配設する磁石の向きに従って図5中の矢印C、Dいずれかの向きの磁場が形成され、磁石125、126で挟持した単セルの周辺には、勾配磁場が形成される。したがって、単セルに供給される酸化ガスは、磁石125、126によって形成される勾配磁場を通過しつつ単セル内酸化ガス流路に流入する。ここで、磁石125、126は、永久磁石によって構成してもよいし、電磁石によって構成しても



よい。

【0056】単セルを積層して成る積層体118に対して磁石125、126を配設し、図5に矢印C、Dで示した向きの磁界を各単セル内に付与した燃料電池の構成を表わす模式図を、図6に示す。なお、図6は、磁石を配設する位置を示す模式図であり、図3と同様に、積層体118における流体の給排に関わる構造などの図示は省略した。図6に示した積層体118は、図2に示した各部材を、セパレータ27、アノード21、電解質膜20、カソード22、セパレータ27の順で積層して成り、図示しないガス給排装置との間で、燃料ガスおよび酸化ガスの給排を行なう。図6に示した積層体118では、セパレータ27が備える既述した孔部32、33によって形成される酸化ガス供給マニホールドおよび酸化ガス排出マニホールドの近傍の壁面に沿って、磁石125、126を配設した。燃料電池に供給される酸化ガスは、各単セル内酸化ガス流路に流入するまでに通過する流路において、磁石125、126によって形成される勾配磁場を通過する。これによって、既述したように、酸化ガスに含まれる酸素分子が活性化される。

【0057】以上のように構成された第2実施例の燃料電池110によれば、第1実施例と同様に、カソード側に供給される酸化ガス中の酸素が勾配磁場を通過することによって、酸素分子が活性化されるため、各単セル内で進行する電気化学反応をより活発化して、電池性能を向上させることができる。すなわち、酸素分子に磁場力を作用させることによって、酸素分子の運動エネルギーを増すと共に、触媒上において酸素分子が酸素原子に分離し易くなり、電気化学反応が活発化される。

【0058】さらに、第2実施例の燃料電池110によれば、燃料電池内での電流の流れ方向に対して平行ではない方向に沿って磁場が形成されるため、磁場中の荷電粒子、すなわち、電解質膜20中のプロトン（水和プロトン、すなわちヒドロニウムイオン）に対して力（ローレンツ力）が作用する。したがって、電解質膜20中を移動するプロトンの移動速度が向上し、プロトンが電解質膜20内を通過する際のエネルギーロスが削減されて、燃料電池の内部抵抗が低減される効果が得られ、電池性能を向上させることができる。従来は、燃料電池の内部抵抗を低減するためには、電解質膜の膜厚を薄くするという方策が採られていたが、膜厚を薄くすることは、電解質膜の強度を弱めるという問題を生じる。第2実施例の燃料電池によれば、上記したように磁場を形成することで内部抵抗を低減する効果が得られるため、燃料電池の強度および耐久性に影響するおそれがない。

【0059】ここで、燃料電池内を流れる電流の方向と、燃料電池内に付与された磁界の方向とは直角であるため、電解質膜20中のプロトンに作用する力の方向は、電解質膜20の膜面に平行となる。本実施例の電解質膜20は、ペルフルオロスルホン酸ポリマーからなる

固体高分子であり、このような電解質膜20内をプロトンが移動する際には、プロトンは、固体高分子が備えるスルホン酸基からスルホン酸基へと移動しながら、アノード側の電解質膜表面からカソード側の電解質膜表面に向かって、電解質膜内を移動する。したがって、電解質膜20内を移動するプロトンは、微視的には、膜圧方向に直進するのではなく、スルホン酸基からスルホン酸基へとジグザグに移動する。したがって、上記実施例のように、電解質膜20中のプロトンに対して、電解質膜20の膜面に平行な力を作用させることによって、プロトンの移動速度を向上させることができる。

【0060】なお、図6に示した積層体118では、磁石125、126は、積層体118内に形成される酸化ガス供給マニホールドおよび酸化ガス排出マニホールドの近傍の壁面に沿って、互いに対向するよう配設することとしたが、積層体118内に形成される燃料ガス供給マニホールドおよび燃料ガス排出マニホールドの近傍の壁面に沿って、互いに対向するよう配設することとしても良い。このような構成としても、単セルの積層方向と垂直な方向に沿って磁場が形成され、上記第2実施例と同様の効果を得ることができる。

【0061】また、上記第2実施例の燃料電池において、磁石125、126を電磁石で構成し、電磁石が備えるコイルに対する通電状態を制御することで、磁界の付与状態を経時的に変化させることとしても良い。例えば、磁界をパルス的に付与する（電磁石が備えるコイルに対する通電を所定の短い時間毎に入り切りする）こととしてもよいし、あるいは、電磁石が備えるコイルに流す電流の向きを所定の短い時間毎に変更する（単セル内に付与される磁界の向きを、所定の短い時間毎に、図5に示した矢印Cの向きと矢印Dの向きとで切り替える）こととしてもよい。このような構成とすれば、単セル内酸化ガス流路では常に磁場勾配が変化するため、外部から単セル内に酸化ガスが流入する流路内だけでなく単セル内酸化ガス流路内においても、酸化ガス中の酸素分子は、磁場力を受けて、この磁場力によって運動エネルギーが増加する効果を高めることができる。また、このように電磁石への通電状態を制御することで磁界の付与状態を経時的に変化させる場合にも、電解質膜20内のプロトンには既述したローレンツ力が作用するため、燃料電池の内部抵抗を低減する効果を得ることができる。

【0062】また、図6に示した積層体118において、一方の側にのみ磁石を配設することとしても良い。すなわち、図6において、磁石125、126のうち、一方の磁石のみを配設することとしても良い。この場合にも、単セル内酸化ガス流路において磁場勾配が生じ、酸化ガス中の酸素分子に磁場力が作用することによる効果を得ることができる。さらに、このように積層体の一方の側にのみ磁石を配設する場合に、磁石を電磁石によって形成し、電磁石が備えるコイルに対する通電状態を

制御することで、磁界の付与状態を経時的に変化させることとしても良い。

【0063】あるいは、図5および図6に示したように単セルあるいは積層体118の両端に磁石125、126を配設する場合に、磁石125、126を配設する向きを同じにするのではなく、対向する向き（N極同士あるいはS極同士が対向する向き）に配置することとしても良い。このような構成としても、単セル内酸化ガス流路内で勾配磁場が形成され、単セル内酸化ガス流路を通過する酸素分子に磁場力が働くことによる既述した効果を得ることができる。

【0064】既述した実施例では、酸化ガスとして空気を用いる場合について説明したが、酸素を含有する酸化ガスとして空気以外を用いても良く、例えば、純度の高い酸素ガスを酸化ガスとして用いる場合にも、本発明を適用することによって、酸素分子の運動エネルギーを大きくして活性化する既述した効果を得ることができる。

【0065】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々なる状態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の燃料電池10の構成を表わす断面模式図である。

【図2】単セル15の分解斜視図である。

【図3】単セルを積層して成る積層体18に対して磁石を配設する様子を表わす説明図である。

【図4】触媒表面で酸素分子が原子に分離する様子を示す説明図である。

【図5】第2実施例の燃料電池110の構成を表わす断面模式図である。

【図6】単セルを積層して成る積層体118に対して磁石を配設する様子を表わす説明図である。

【符号の説明】

10、110…燃料電池

15…単セル

18、118…積層体

20…電解質膜

21…アノード

22…カソード

23、24…セパレータ

23P…単セル内燃料ガス流路

24P…単セル内酸化ガス流路

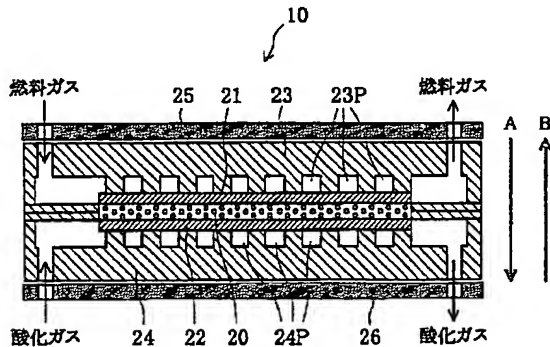
25、26、125、126…磁石

27…セパレータ

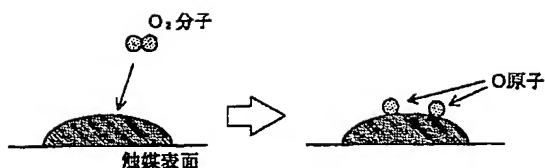
30～33…孔部

34、35…流路形成部

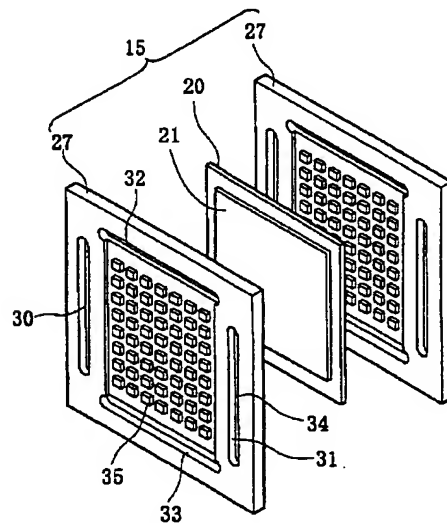
【図1】



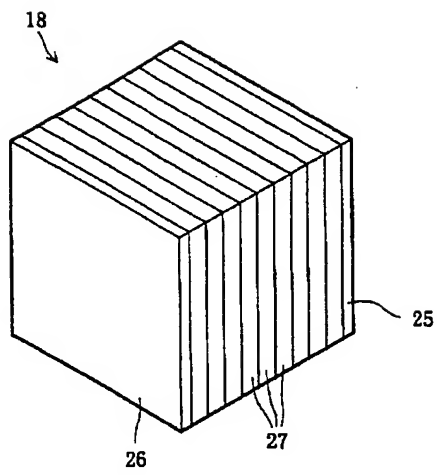
【図4】



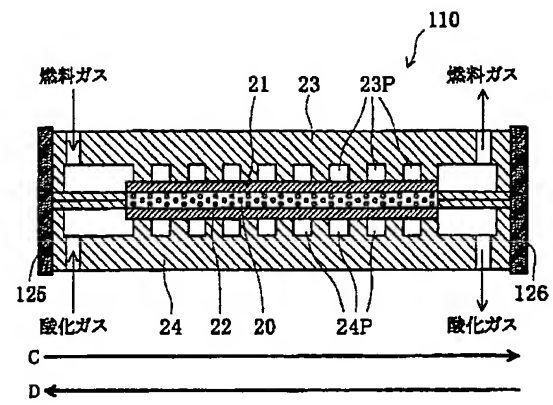
【図2】



【図3】



【図5】



【図6】

